



УДК 621.165.6

ПРИМЕНЕНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАСЧЕТЕ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ОКОЛООТБОРНЫХ СТУПЕНЕЙ

ANSYS MULTIPHYSICS SIMULATION APPLYING FOR WORK BLADE NEAR STEAM EXTRACTION

Рубцов Владимир Георгиевич, аспирант каф. «УралЭНИН», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: rwge@yandex.ru,

Тел.: +7(950)564-97-52

Плотников Петр Николаевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «УралЭНИН», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

E-mail: plot24@mail.ru. Тел.: +7(922)221-50-27

Vladimir G. Rubtsov, Graduent student, Department «UralENIN», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: rwge@yandex.ru. Ph.: +7(950)564-97-52

Petr N. Plotnikov, Doctor Sc., Prof., Department « UralENIN », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: plot24@mail.ru. Ph.: +7(922)221-50-27

Аннотация: В статье ставится задача применения междисциплинарного анализа при расчете околоотборных ступеней паровых турбин. На основе опубликованных работ описываются проблемы, которые необходимо решать при расчете и проектировании лопаточного аппарата. Описывается необходимость разработки унифицированной методики прочностного расчета рабочих лопаток околоотборных ступеней.

Abstract: The purpose of this work is ansys multiphysics simulation applying for work blade near steam extraction. The problems that must be addressed in calculation and design of blading describes on the basis of published works. The development applicability of standardized methods of work blade strength calculation is described

Ключевые слова: рабочая лопатка; междисциплинарный анализ; отбор пара, паровая турбина.

Key words: work blade; interdisciplinary analysis; steam extraction; steam turbine.

В настоящее время паровые турбины с отборами большого количества пара для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии широко распространены на территории России и в странах ближнего зарубежья. Однако наличие отбора пара требует более детального исследования потока рабочего тела в межступенчатом пространстве и, что не менее важно, определения воздействия потока пара на элементы проточной части.

Тематике моделирования потока рабочего тела в околоотборном отсеке посвящен ряд публикаций. При этом все авторы данных работ сходятся на том, что наличие отбора пара ведет к появлению окружной и радиальной неравномерности потока в зоне непосредственного отбора пара, что негативно сказывается на работе околоотборных ступеней. В частности, это может вызвать значительное низкочастотное силовое воздействие и нестационарные нагрузки на лопаточный

аппарат, что, в свою очередь, может привести к его разрушению и аварийному останову вследствие скачка вибрации.

На ряде станций до сих пор сталкиваются с проблемой поломок рабочих лопаток околоотборных ступеней. В связи с этим представляется актуальной разработка унифицированной методики прочностного расчета, обеспечивающей надежность лопаточного аппарата околоотборных ступеней с сохранением экономических показателей на различных режимах эксплуатации

В частности зафиксированы случаи разрушения и развития трещин в лопатках и рабочих колесах отсека околоотборных ступеней турбины типа Т-100 производства Уральского турбинного завода (см. рис. 1).



Рис. 2 Повреждения околоотборных ступеней

Прочностные расчеты, а также расчеты по виброотстройке рабочих лопаток проводятся при помощи имеющегося на заводе-изготовителе программного обеспечения с необходимыми запасами прочности. При этом критерии надежности определяются едиными нормативными документами.

На стадии проектирования околоотборного отсека ступеней необходимо обладать исчерпывающими данными о параметрах рабочего тела вблизи отбора для задания корректных граничных условий, т.к. параметры потока пара непосредственно влияют на вибрационную прочность данных ступеней.

На данный момент известно, что исследованием данного вопроса занимались в ХПИ, ХТГЗ, ЛМЗ, ИПМаш (Украина), ВТИ, БИТМ, МЭИ и СПбГТУ. Интересно отметить результаты Брянского института транспортного машиностроения совместно с Уральским турбомоторным заводом, ныне ЗАО «УТЗ». Исследования проводились на околоотборных ступенях паровой турбины Т-250. Результаты данных исследований представлены в отчете по научно-исследовательской работе [1]. Авторы данной работы отмечают, что физические явления, сопровождающие сложные течения в камере отбора, и отыскание аналитических зависимостей эффективности отсека от величины отбора и других режимных и конструктивных особенностей требуют более глубокого исследования. Также отмечается важность расчета данных ступеней на переменный режим, поскольку наличие отбора вызывает изменение зависимостей степени реактивности от режима работы. Роль околоотборных ступеней в тепловом процессе турбины в значительной мере зависит от конструктивных параметров этих ступеней и камеры отбора. Эти конструктивные особенности

должны проявляться в определенной степени при переменных режимах работы турбины [1].

На сегодняшний день существует техническая возможность моделирования нестационарного потока в тракте с отбором пара, что подтверждается работами [2], [3] и определения его воздействия на лопаточный аппарат, поэтому задача повышения надежности лопаточного аппарата околоотборных ступеней становится весьма актуальной.

Для решения поставленной задачи в среде Creo Parametric смоделирован околоотборный отсек паровой турбины Т-100, включающий в себя ступени с 20 по 23 ступень. Отбор пара производится между ступенями 21 и 22. Фрагмент продольного разреза с отсеком околоотборных ступеней представлен на рис.2.

Моделирование производится с применением междисциплинарного анализа в среде Ansys Workbench. Применение междисциплинарного анализа в рамках данной работы позволит повысить точность проводимых расчетов. Выполнение междисциплинарных инженерных расчетов производится набором высокоточных инструментов анализа, которые позволяют прогнозировать поведение изделия в реальных условиях. Эти инструменты объединяют открытую адаптивную архитектуру платформы Ansys Workbench и гибкие методы моделирования с полным набором решателей для всех областей физики.

Выполнение междисциплинарного расчета рабочих лопаток околоотборного отсека концептуально можно разделить на следующие этапы.

1. Проведение модального анализа или определение собственных частот и форм колебаний единичной рабочей лопатки в пакете Ansys Modal. Данный расчет позволяет определить качество расчетной модели посредством сравнения полученных в ходе расчета величин собственных частот с экспериментальными.

2. Проведение статического прочностного анализа с заданными граничными условиями и нагрузками, действующими на рабочую лопатку при теплофикационном и конденсационном режимах.

3. «Продувка» сектора колеса с рабочей лопаткой в программном пакете Ansys CFX с учетом фазового перехода и при различных величинах отбора пара для определения зон с повышенными напряжениями и распределения температур давлений по лопаткам в колесе.

4. Повторный статический прочностной анализ с учетом данных, полученных при расчете в CFX.

Представленные расчеты проводятся в единой расчетной среде Ansys Workbench, что позволяет корректировать необходимые данные без повторного выполнения всех расчетов.

Предлагаемый концептуальный подход позволяет реализовать уточнение методики расчета рабочих лопаток околоотборных ступеней. При этом будет возможно максимально точно определять напряженно-деформированное состояние лопаточного аппарата на различных режимах с сокращением времени выполнения необходимых расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование работы околоотборных ступеней турбины Т-250/300-240: отчет о НИР: стр.63 /Брянский институт транспортного машиностроения, 1972. – Исполн.: Буглаев В.Т., Ипатенко Н.Р., Гоголев И.Г. – Библиогр.: с. 63. - № ГР 70059494. –Инв. № 11018.
2. Семакина, Е.Ю. Структура течения и нестационарные нагрузки на рабочие лопатки в околоотборных ступенях паровых турбин (исследования и метод расчета): автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.12 Е.Ю. Семакина; С.Петербург. гос. техн. ун-т.- СПбГТУ., 1994. -6 с.
3. Чэнь Данхуэй. Моделирование течений в трактах отбора для определения их сопротивления и влияния на структуру потока в околоотборных ступенях паровых турбин. автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.12 Чэнь Данхуэй ; С.Петербург. гос. техн. ун-т.- СПбГТУ., 2000. -18 с.

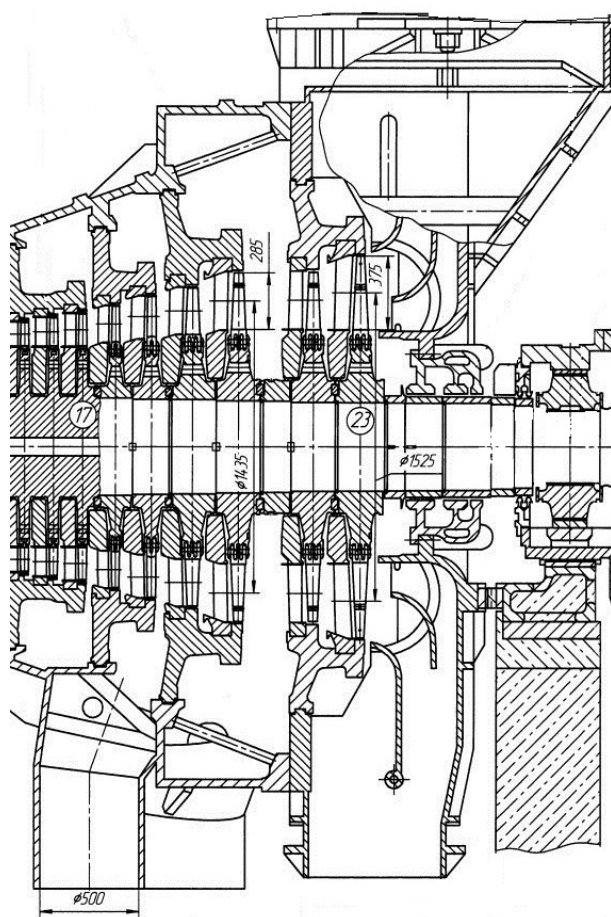


Рис. 2 фрагмент продольного разреза турбины Т-100